



19 **BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT**

12 **Patentschrift**
10 **DE 100 29 012 C 2**

51 Int. Cl.7:
B 81 B 3/00
B 81 C 1/00

21 Aktenzeichen: 100 29 012.4-33
22 Anmeldetag: 13. 6. 2000
43 Offenlegungstag: 17. 1. 2002
45 Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 6. 6. 2002

DE 100 29 012 C 2

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

73 **Patentinhaber:**
Amtec GmbH, 09125 Chemnitz, DE

74 **Vertreter:**
Rumrich, G., Dipl.-Ing. Pat.-Ing., Pat.-Anw., 09116
Chemnitz

72 **Erfinder:**
Gessner, Thomas, Prof.-Dr., 09113 Chemnitz, DE;
Bertz, Andreas, Dr.-Ing., 09123 Chemnitz, DE;
Knöfler, Roman, Dipl.-Phys., 09355 Gersdorf, DE;
Küchler, Matthias, Dipl.-Ing., 09112 Chemnitz, DE

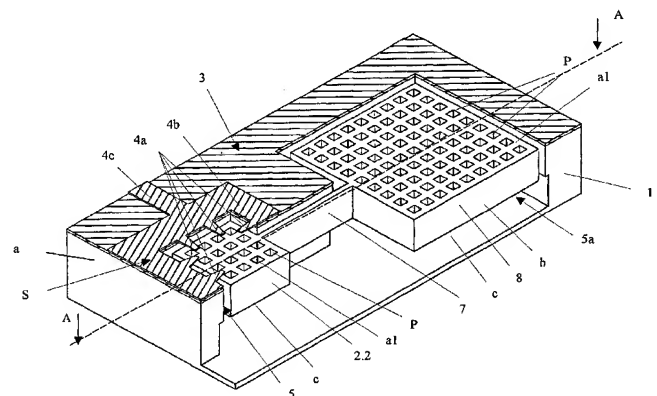
56 **Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:**

DE 199 28 291 A1
DE 195 40 120 A1
US 59 30 595 A
US 58 46 849 A
WO 99 36 941 A2
WO 91 03 074 A1

SRIDHAR, U. et al: "SINGLE CRYSTAL SILICON
MICROSTRUCTURES USING TRENCH
ISOLATION", Proc.
of the Transducers, 99, Sendai, JP, S. 258-261;

54 **Mikrostruktur und Verfahren zu deren Herstellung**

57 Mikrostruktur, in einem vorzugsweise elektrisch leitfähigen Substrat (1), insbesondere aus einkristallinem dotiertem Silizium, mit wenigstens einem Funktionselement (2.1, 2.2), dadurch gekennzeichnet, daß das Funktionselement (2.1, 2.2) allseitig vom Substrat (1) durch Isolationspalte (5, 5a) mechanisch und elektrisch getrennt und an wenigstens einer Position mit einer ersten Struktur (4a) einer elektrisch leitfähigen und von dem Substrat (1) elektrisch isolierten Schicht (S) verbunden und durch diese, bezogen auf das Substrat (1), lagefixiert ist.



DE 100 29 012 C 2

[0001] Die Erfindung betrifft eine Mikrostruktur und ein Verfahren zu deren Herstellung nach den Oberbegriffen des 1. und 21. Patentanspruchs.

[0002] Mikrostrukturen sind auf Basis der in der Halbleitertechnologie verbreiteten Silizium-Wafer sehr gut auch als miniaturisierte Sensoren und Aktoren herstell- und einsetzbar. Für mechanische Anwendungen ist es dabei im allgemeinen notwendig, daß mechanisch bewegliche Teile gefertigt werden, welche über definierte Federteile und Befestigungsanker mit einem Substrat verbunden sind. Die Befestigung der mechanisch beweglichen Teile soll dabei möglichst starr und zuverlässig erfolgen, während die Federteile eine vorgegebene Beweglichkeit der Mikrostrukturen zulassen. Zur Herstellung solcher Mikrostrukturen wurden in der Vergangenheit hauptsächlich Technologien eingesetzt, welche den Silizium-Wafer über die gesamte Waferdicke nutzen. Diese als Bulk-Mikromechanik bezeichnete Technologie ist im allgemeinen durch die Verwendung von mindestens 3 Wafern und anisotropen Naßätzprozessen gekennzeichnet. Im Sinne einer weiteren Miniaturisierung und Kostenreduktion setzen sich gegenwärtig aber immer mehr solche Technologien durch, welche nur den oberflächennahen oder den Oberflächenbereich des Silizium-Wafers nutzen. Letztere Technologie basiert üblicherweise auf der Abscheidung zusätzlicher Schichten, wovon eine später als Funktionsschicht für die mikromechanischen Komponenten dient, während eine weitere Schicht nur als sogenannte Opferschicht verwendet wird und nach deren Entfernung mittels Ätzen die mikromechanischen Komponenten in der Funktionsschicht freigibt. Obwohl diese Technologie zum Teil bereits mit Erfolg in die Produktion eingeführt wurde, sind besonders auch die mechanischen Eigenschaften der Funktionsschichten für viele Anwendungen nicht so vorteilhaft, wie die von einkristallinem Silizium. Besonders im Hinblick auf die Federteile sind hier vor allem die praktische Ermüdungsfreiheit, Schichtspannungsfreiheit und hohe Bruchfestigkeit zu nennen. Aus diesem Grund wird zum Teil die Funktionsschicht durch einkristallines Silizium eines zweiten Wafers ersetzt, welcher zuvor mittels einer Wafer-Verbindungstechnik über eine Isolatorschicht mit dem Trägerwafer verbunden ist. Bei einem solchen als SOI-Wafer bezeichneten Verbund bestehen allerdings sehr hohe Anforderungen an die Verbindungstechnik und das Zurückschleifen des zweiten Wafers auf eine geringe Restdicke. Deshalb wurden Alternativlösungen entwickelt, bei denen die mikromechanischen Komponenten aus dem oberflächennahen Bereich eines Silizium-Wafers herausgelöst werden und die so zumindest im Kern auch aus einkristallinem Silizium bestehen. Dies wird beispielsweise in der WO 91/03074 beschrieben, wobei durch eine Folge anisotroper und isotroper Ätzschritte in Verbindung mit einer Passivierungsschicht Strukturen im Silizium oberflächennah freigelegt werden können. Allerdings werden dabei keinerlei Lösungen zur Realisierung der elektrischen Kontakte, der Isolation zum Substrat bzw. zu anderen Strukturen sowie zur mechanischen Befestigung angegeben. Hingegen wird in der US 5,846,849 das Metallisieren sowohl der Oberfläche als auch der Seitenflächen der freigelegten und an diesen Stellen mit einer Isolationsschicht versehenen Strukturen vorgeschlagen. Über diese Metallschicht kann die elektrische Potentialführung zur Ansteuerung der Mikrostruktur oder der Nachweis einer Potentialänderung eines elektrischen Meßsignals, beispielsweise infolge einer mechanischen Bewegung, erfolgen. Die Potentialtrennung erfolgt dabei durch Isolationstrüben um alle Elemente dieser Struktur herum, einschließlich der Bondinseln. Dieser relativ ein-

fache und dabei kostengünstige Prozeßablauf hat aber zwei wesentliche Nachteile für die Anwendbarkeit der damit hergestellten mikromechanischen Komponenten zur Folge. So werden durch die Existenz von zusätzlich auf dem Silizium aufgetragenen Isolations- und Metallschichten mechanische Schichtspannungen eingebaut, welche zum Verziehen der Mikrostrukturen in vertikaler oder horizontaler Richtung führen können. Auch wird damit im Zusammenhang (Sridhar, U. et al.: Single Crystal Silicon Microstructures using Trench Isolation. Proceedings of the Transducers 99, Sendai, Japan, S. 258–261) eine hohe Anfälligkeit solcher Strukturen gegenüber Temperaturschwankungen angegeben. Weiterhin ist, bedingt durch die große Oberfläche der Siliziumstrukturen, welche über eine Isolationsschicht mit Metall bedeckt ist, die unerwünschte Parasitärkapazität zwischen Metall und Silizium-Substrat sehr hoch. Dies ist vor allem deshalb besonders kritisch, da der Einsatz der Mikrostrukturen für sensorische und aktorische Anwendungen bevorzugt an die Verwendung von Wechselspannungen im kHz-Bereich gebunden ist.

[0003] Die bisher beschriebenen Nachteile werden entsprechend der US 5,930,595 weitgehend vermieden, indem mit einem ersten Schritt die Befestigungsanker an drei Seiten und dem Boden vom Silizium-Substrat gelöst werden. Danach erfolgt eine Auffüllung der Isolationsabstände mit einem Isolationsmaterial und schließlich werden die Sensorstrukturen an der vierten, nicht isolierten Seite der Befestigungsanker definiert, und wiederum vom Silizium-Substrat gelöst. Da die entstehenden Strukturen im Silizium sehr schmal bzw. perforiert sind, stellt dies sehr hohe Anforderungen an die Zuordnungsgenauigkeit der Sensorstrukturen zu den freigelegten Strukturen der Befestigungsanker. Das Herauslösen muß, ähnlich wie in der WO 91/03074 beschrieben, hier doppelt erfolgen. Daher liegt der Hauptnachteil dieser Verfahrensweise in dem sehr hohen technischen Aufwand, verbunden mit einer Verringerung der Ausbeute. Hinzu kommt, daß die Auffüllung der Isolationsgrüben bevorzugt zumindest teilweise durch thermische Oxidation erreicht wird, was einer Integration mit integrierten elektronischen Schaltkreisen im Wege steht.

[0004] Weitere bekannte Mikrostrukturen aus einkristallinem Silizium weisen leitfähige Verbindungen der Mikrostruktur zum Substrat auf, die durch Brücken (DE 199 28 291) bzw. Stege (DE 195 40 120) gebildet werden. In beiden Fällen verbleibt jedoch ein Teil der Mikrostruktur aus einkristallinem Silizium in Verbindung mit dem Substrat und bildet so eine mechanische Fixierung der Mikrostruktur und zugleich auch eine Unterbrechung der allseitigen Isolation.

[0005] In der WO 99/36941 wird zwar eine allseitige elektrische Isolation der Mikrostrukturen erreicht. Allerdings sind hier unter den leitfähigen Brücken mit Isolationsmaterial gefüllte Grüben vorgesehen, die eine mechanische Fixierung der ansonsten vollständig von Isolationsspalten umgebenden Mikrostruktur bilden.

[0006] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, das Verfahren zur Herstellung der Mikrostrukturen wesentlich zu vereinfachen und dabei unerwünschte Parasitärkapazitäten der Mikrostrukturen zu minimieren sowie unerwünschte Verformungen der Mikrostrukturen zu vermeiden und eine sichere Lagefixierung des Funktionselements bzw. des Befestigungsankers zu gewährleisten.

[0007] Diese Aufgabe wird mit den Merkmalen des 1. und 21. Patentanspruches gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen ergeben sich aus den Unteransprüchen.

[0008] Die Mikrostruktur besteht aus wenigstens einem in einem, vorzugsweise elektrisch leitfähigen Substrat, insbesondere aus einkristallinem dotiertem Silizium, angeordnete

ten Funktionselement. Erfindungsgemäß ist das Funktionselement allseitig vom Substrat durch Isolationsspalte mechanisch und elektrisch getrennt und an wenigstens einer Position mit einer Struktur einer elektrisch leitfähigen Schicht verbunden und durch diese bezogen auf das Substrat lagefixiert. An dem Funktionselement kann wenigstens eine Elektrode ausgebildet sein. Es besteht auch die Möglichkeit, das Funktionselement als Befestigungsanker auszubilden, mit welchem über mindestens ein Federteil wenigstens ein, z. B. als Elektrode wirkendes, Masseteil verbunden ist.

[0009] In diesem Fall sind ebenfalls Befestigungsanker, Federelement und Masseteil durch Isolationsspalte von dem Substrat getrennt. Dabei befindet sich zwischen dem Substrat und den Seitenflächen des Funktionselements bzw. den Seitenflächen von Befestigungsanker, Federelement und Masseteil ein erster seitlicher Isolationsspalt und zwischen dem Substrat und der Grundfläche des Funktionselements bzw. von Befestigungsanker, Federelement und Masseteil ein zweiter Isolationsspalt. Diese Isolationsspalte um Befestigungsanker, Federteil und Masseteil gehen dabei ineinander über und sind vorzugsweise mit Gas gefüllt oder evakuiert. Im einfachsten Fall sind die Isolationsspalte mit Luft gefüllt.

[0010] Das Funktionselement (bzw. der Befestigungsanker) ist an mindestens einer Position mit einer den ersten seitlichen Isolationsspalt überragenden ersten Struktur einer elektrisch leitfähigen Schicht (Kontaktierung) verbunden und durch diese bezogen auf das Substrat lagefixiert. Als elektrisch leitfähige Schicht wird dabei vorzugsweise eine Metallschicht, insbesondere aus Aluminium, verwendet.

[0011] Die erste Struktur der elektrisch leitfähigen Schicht, welche den ersten seitlichen Isolationsspalt zwischen dem vom Substrat isolierten Funktionselement und der vom Substrat durch die Isolationsschicht isolierten zweiten Struktur der elektrisch leitfähigen Schicht überbrückt, ist zumindest über den Bereichen der Isolationsspalte als perforierte oder geschlitzte Struktur ausgeführt. Diese kann beispielsweise in Form einer Vielzahl von sehr schmalen Bahnen, bevorzugt mit Bahnbreiten unter 1 µm, ausgeführt werden. Anstelle einer einfachen elektrisch leitfähigen Schicht (ersten Struktur) zur Überbrückung der Isolationsspalte kann auch ein Schichtstapel, bestehend aus zumindest einer elektrisch leitfähigen Schicht und zumindest einer Isolationsschicht, Anwendung finden.

[0012] Die zwischen Substrat und elektrisch leitfähiger Schicht angeordnete Isolationsschicht besteht vorzugsweise aus einem Oxid oder Nitrid oder auch einer Oxinitridschicht.

[0013] Die Kontaktierung der elektrisch leitfähigen Schicht erfolgt vorzugsweise über periphere Anschlüsse.

[0014] Als Substrat wird bevorzugt Silizium mit einem spezifischen elektrischen Widerstand von weniger als 0,1 Ωcm verwendet.

[0015] Das Verfahren zur Herstellung der Mikrostruktur in einem vorzugsweise elektrisch leitfähigen Substrat, insbesondere aus einkristallinem dotiertem Silizium, mit wenigstens einem Funktionselement erfolgt dadurch, daß das Funktionselement so aus dem Substrat herausgelöst wird, daß zum Substrat allseitig Isolationsspalte vorhanden sind, und daß eine elektrisch leitfähige Schicht derart aufgebracht wird, daß sie mit dem Funktionselement verbunden ist und dieses sicher lagefixiert.

[0016] Zum Herauslösen des Funktionselements aus dem Substrat werden vorzugsweise folgende Verfahrensschritte durchgeführt:

- Erzeugen einer Isolationsschicht auf dem Substrat mit Öffnungen durch Strukturieren in den Bereichen,

welche das Funktionselement und die späteren umlaufenden ersten seitlichen Isolationsspalte zwischen dem Substrat und dem Funktionselement definieren,

- Aufbringen der elektrisch leitfähigen Schicht auf die Isolationsschicht und auf den nicht mit einer Isolationsschicht versehenen Bereich, welcher das Funktionselement bilden wird und gleichzeitig oder anschließend,
- Strukturieren der elektrisch leitfähigen Schicht derart, daß an mindestens einer Position eine Verbindung einer ersten Struktur der elektrisch leitfähigen Schicht zu dem zu erzeugenden Funktionselement bestehen bleibt, die über den späteren ersten seitlichen Isolationsspalt zwischen Substrat und Funktionselement reicht und Ausbildung einer mit der ersten Struktur in Verbindung stehenden zweiten Struktur der elektrisch leitfähigen Schicht sowie bedarfsweise einer Leitbahnstruktur auf dem mit der Isolationsschicht versehenen Substrat,

- vollständiges elektrisches und mechanisches Trennen des Funktionselements vom Substrat durch eine Folge von Ätzprozessen in Verbindung mit mindestens einem Passivierungsschritt, so daß die Isolationsspalte gebildet werden, wobei die durch die erste Struktur der elektrisch leitfähigen Schicht erzeugte Verbindung mit dem Funktionselement an mindestens einer Position brückenartig bestehen bleibt, so daß das Funktionselement durch diese sicher lagefixiert ist.

[0017] Bei Ausbildung des Funktionselements als Befestigungsanker wird ein an diesem ausgebildetes Federteil und Masseteil gleichzeitig mit Herauslösen des Befestigungsankers vom dem Substrat vollständig elektrisch und mechanisch getrennt.

[0018] Die vertikalen Bereiche, die beim Ätzen nicht entfernt werden sollen, sind mit einer Passivierungsschicht zu versehen.

[0019] Die Isolationsschicht wird durch thermische Oxidation von Silizium oder chemische Dampfphasenabscheidung hergestellt.

[0020] Zum vollständigen elektrischen und mechanischen Trennen von Funktionselement oder Befestigungsanker, Federteil und Masseteil vom Substrat, mit Ausnahme der mechanischen Fixierung des Funktionselements bzw. des Befestigungsankers durch die erste Struktur der elektrisch leitfähigen Schicht, werden folgende Prozesse ausgeführt:

- Ätzen von Vertiefungen in das Substrat, zur Bildung der ersten seitlichen Isolationsspalte, mit einer fotolithografisch hergestellten Maske gleichzeitig zu der durch die Maskierungswirkung der strukturierten Oberflächenschichten erzeugten Maske,
- Aufbringen einer Passivierungsschicht an vertikalen und horizontalen Flächen der ersten seitlichen Isolationsspalte,
- Ätzen der Passivierungsschicht zum Zwecke deren Entfernung zumindest am Boden des ersten seitlichen Isolationsspaltes, Unterätzen des Substratmaterials unter den an den Seitenflächen sowie der Oberfläche geschützten Mikrostrukturen zur Erzeugung des zweiten Isolationsspaltes zwischen Substrat und Boden von Funktionselement oder Befestigungsanker, Federteil und Masseteil.

[0021] Das Ätzen der Vertiefungen in das Substrat erfolgt dabei bevorzugt senkrecht zur Substratoberfläche mittels reaktiver Ionenätzprozesse. Parallel oder nachträglich zum bevorzugten senkrechten Ätzen, bezogen auf die Substratoberfläche mittels reaktiver Ionenätzprozesse in das Substrat, er-

folgt ein definiertes isotropes Ätzen des Substratmaterials zur vollständigen elektrischen Isolation des Substrates von der elektrisch leitfähigen Schicht.

[0022] Zum Ätzen der Vertiefungen (zur Bildung der Isolationsspalte) werden fluor- und kohlenstoffhaltige Gase oder alternativ chlorhaltige oder fluorhaltige Gase eingesetzt.

[0023] Nach dem isotropen Ätzen, entweder durch Trockenätzprozesse oder unter Verwendung naßchemischer Ätzlösungen, wird die Passivierungsschicht (z. B. ein Plasmopolymer) vollständig von der Oberfläche der elektrisch leitfähigen Schicht z. B. mittels Trockenätzprozesses, entfernt.

[0024] Die Kontaktierung der elektrisch leitfähigen Schicht erfolgt meist durch nachträgliches Anbringen peripherer Anschlüsse. Die peripheren Anschlüsse können aber andererseits auch bereits im umgebenden Substrat vorhanden sein.

[0025] Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren wird der Herstellungsprozeß wesentlich vereinfacht und eine Mikrostruktur mit nur geringen parasitären Kapazitäten erzeugt. Insbesondere wird durch die konsequente Anwendung selbstjustierender Prinzipien erreicht, daß das Herauslösen der Mikrostrukturen aus dem Substratmaterial parallel zum Herauslösen der Befestigungsanker erfolgt. Dies bedeutet, daß mehrere Ätzschritte und zumindest ein Abscheideprozeß zur Passivierung eingespart werden können, was gleichzeitig einer Ausbeuteerhöhung entspricht. Darüber hinaus werden die Mikrostrukturen und deren Befestigungsanker im gleichen Lithografieschritt definiert. Deshalb können zwischen diesen beiden keinerlei Fehljustierungen auftreten, was die Funktionsweise und Zuverlässigkeit der Mikrostrukturen verbessert. Da die Isolation zwischen dem Befestigungsanker und dem Substrat an den Seitenflächen und am Strukturboden im wesentlichen mittels Luft- bzw. Vakuumpalt erreicht wird, ist die darüber wirkende unerwünschte Kapazität bereits durch die kleinere Dielektrizitätskonstante auf ca. ein Viertel gegenüber der Verwendung einer SiO_2 -Schicht reduziert. Außerdem können die Abstände zwischen dem Befestigungsanker und dem Substrat vergrößert werden, da eine Auffüllung mit einem Isolationsmaterial entfällt, was aus wirtschaftlichen Gründen nur bis zu Spaltbreiten von wenigen Mikrometern praktikabel ist. Auf eine Oxidation zur Isolation bzw. elektrischen Trennung von Befestigungsanker und Substrat kann generell verzichtet werden. Während somit metallfreie bewegliche Strukturen hergestellt und genutzt werden können, wird auch die Entfernung der Passivierungsschicht ohne Einsatz von Naßprozessen möglich. Letztere können insbesondere durch die Wirkung von Kapillarkräften zu unerwünschtem Verkleben von Strukturen führen. Damit wird eine funktionsfähige Mikrostruktur vorgeschlagen, welche letztlich nicht durch Schichtspannungen in ihrer Funktionalität beeinträchtigt wird.

[0026] Das erfindungsgemäße Verfahren kann beispielsweise auf einen Silizium-Wafer mit bereits vorhandenen Strukturen, z. B. einem integrierten Schaltkreis, oder auf einen blanken Silizium-Wafer angewendet werden. In beiden Fällen ist, falls nicht schon vorhanden, der Silizium-Wafer oberflächlich mit einem Isolator zu versehen. Allenfalls können im zuerst genannten Fall Kontaktöffnungen ohne Isolationsschicht existieren. Diese Isolationsschicht ist erfindungsgemäß an den Stellen zu entfernen, an denen im nachfolgenden Prozeßablauf die Mikrostrukturen, mit deren Befestigungsanker und die ersten seitlichen Isolationsspalte entstehen sollen.

[0027] Diese gezielte Schichtentfernung kann mittels an sich bekannten Lithographie- und Ätzprozessen erfolgen. Anschließend folgt die Aufbringung einer elektrisch leitfähigen Schicht und deren Strukturierung.

Die elektrisch leitfähige Schicht kann aus einem Metall, wie z. B. Aluminium, bestehen. Bei dieser Strukturierung, wiederum auf der Basis von an sich bekannten Lithographie- und Ätzprozessen, werden die Flächen, welche später als Befestigungsanker dienen, mittels Leitbahnen elektrisch kontaktiert. Die andere Seite der Leitbahnen wird entweder bis auf die schon auf dem Wafer vorhandenen elektrischen Kontaktflächen geführt oder zur Bildung von äußeren Kontaktflächen, beispielsweise sogenannten Bondinseln, genutzt. Zu beachten ist dabei, daß die Leitbahnen an den Stellen, welche nachfolgend die Isolationsgräben der Befestigungsanker bilden, perforiert bzw. sehr schmal gestaltet werden, um später möglichst wenig Silizium unter diesen Bahnen durch Ätzen entfernen zu müssen. An diese Schritte schließt sich das Ätzen von Silizium in Tiefen von beispielsweise 20 µm, das Passivieren mit einer Passivierungsschicht und letztlich das Freilegen der Mikrostrukturen und deren Befestigungsanker an. Bei den Ätzschritten darf dabei insbesondere die Metallschicht nicht wesentlich angegriffen werden, da ansonsten die nicht von Lack geschützten ersten Bereiche (Kontaktfinger) dieser elektrisch leitfähigen Schicht beschädigt bzw. abgetragen werden können. Die beim Ätzen von Silizium in die Tiefe des Funktionselements entstehenden Öffnungen ergeben somit die ersten seitlichen Isolationsspalte bzw. gegebenenfalls auch die in vielen Anwendungsfällen wichtigen, da als Kondensatorelektroden wirkenden, Seitenflächen sowie die für ein effektives Freilegen notwendige Perforation der Mikrostrukturen mit den Befestigungsankern. Sollte dabei ein streng gerichteter Ätzprozeß eingesetzt werden, bleibt das Silizium unter den Kontaktfingern erhalten und muß nachträglich durch isotropes Ätzen lateral entfernt werden. Bei einer ersten Struktur der elektrisch leitfähigen Schicht in Form von Kontaktfingern mit einer Breite von beispielsweise 0,8 µm beträgt demzufolge der notwendige laterale Abtrag mindestens 0,4 µm. Die dabei auftretende Verringerung der Breite der Mikrostrukturen kann durch ein Vorhaltemaß für die Mikrostrukturen berücksichtigt werden. Dabei werden die Einzelelemente der Mikrostruktur um mindestens 0,4 µm pro Kante breiter entworfen, als die gewünschte Strukturbreite nach deren Fertigstellung. Das gilt auch, wenn ein Verfahren zum Ätzen von Silizium genutzt wird, bei dem parallel zum Ätzen in die Tiefe ein laterales Ätzen um mindestens den gewünschten Betrag erfolgt. Eine Ausnahme bilden nur jene Ätzverfahren, bei welchen allein unter den nicht mit Photolack bedeckten Bereichen, also beispielsweise unter den metallischen Kontaktfingern, der laterale Abtrag erfolgt. In diesen Fällen muß für alle mit Photolack maskierten Mikrostrukturen kein zusätzliches Vorhaltemaß berücksichtigt werden.

[0028] Gemäß einem besonders günstigen Ausführungsbeispiel besteht die Passivierungsschicht aus einem organischen Polymer, welches Kohlenstoff sowie Fluor enthält und unter Plasmaeinwirkung gebildet wird. Diese Polymerschicht kann nach dem Freilegen der Mikrostrukturen bevorzugt mittels plasmaaktiviertem Sauerstoff entfernt werden. Damit entfallen einerseits Naßprozesse und andererseits bestehen die Mikrostrukturen letztendlich nur noch aus Silizium. Des weiteren kann es zweckmäßig sein, vor der Lackmaskierung, zum Ätzen von Silizium in die Tiefe, noch eine zusätzliche Passivierungsschicht aufzubringen, welche auch über diese Maske geätzt wird und beim späteren isotropen Ätzen von Silizium den seitlichen Angriff des Ätzmittels an der Außenlinie der Berührungsfläche zwischen erster Struktur der elektrisch leitfähigen Schicht (z. B. Kontaktfinger) und der Oberseite von Funktionselement bzw. Befestigungsanker vermeidet.

[0029] Je nach Einsatzgebiet der Mikrostrukturen sollte

das Silizium-Substrat ausreichend hoch dotiert sein bzw. auch während oder nach der hier dargestellten Prozeßfolge diese Dotierung erhalten. Für viele Anwendungen sind 10^{17} Dotierungsatome pro cm^3 ausreichend.

[0030] Die Erfindung wird nachfolgend anhand eines Ausführungsbeispiels und zugehöriger Zeichnungen näher erläutert.

[0031] Es zeigen:

[0032] Fig. 1: Substrat **1** mit aufgebracht und strukturierter Isolationsschicht **3**,

[0033] Fig. 2: Substrat **1** mit bereits strukturierter elektrisch leitfähiger Schicht **S**,

[0034] Fig. 3: Substrat **1** mit Lackhaftmaske **6** zur Ausbildung des Funktionselements,

[0035] Fig. 4: Substrat **1** mit herausgeätzten senkrechten Vertiefungen,

[0036] Fig. 5: Substrat **1** mit unter den Kontaktfingern **4a** herausgelöstem Silizium,

[0037] Fig. 6: Mikrostruktur mit einem durch Unterätzen aus dem Substrat **1** herausgelösten Funktionselement **2.1**,

[0038] Fig. 7: Mikrostruktur mit einem Funktionselement in Form eines Befestigungsankers **2.2** sowie mit einem über ein Federteil **7** daran befestigtem Masseteil **8**,

[0039] Fig. 8: Schnitt A-A gem. Fig. 7.

[0040] In Fig. 1 bis 6 werden die einzelnen Schritte zur Herstellung einer Mikrostruktur mit einem in einem Substrat **1** in Form eines Silizium-Wafers ausgebildeten Funktionselement **2.1** dargestellt. Das Substrat **1** weist beispielsweise einen spezifischen elektrischen Widerstand von $0,1 \Omega\text{cm}$ und einen Durchmesser von 150 mm auf und wird zunächst durch thermische Oxidation ganzflächig und somit auf seiner Oberfläche **a** mit Siliziumdioxid SiO_2 als Isolationsschicht **3** mit einer Dicke von 300 nm versehen. Wie in Fig. 1 dargestellt, wird diese Isolationsschicht **3** in dem Bereich des Substrats **1** entfernt, welcher für das Funktionselement **2.1** vorgesehen ist. Dies geschieht vorteilhafter Weise mittels Photolithographie in Verbindung mit einem Plasmaätzprozeß und einer Plasmalackentfernung entsprechend dem Stand der Technik. Bei den nachfolgenden Schritten erfolgt zunächst die ganzflächige Abscheidung einer elektrisch leitfähigen Schicht **S** z. B. in Form einer Aluminiumschicht durch ein konventionelles Zerstäubungsverfahren mit einer Dicke von 800 nm. Diese elektrisch leitfähige Schicht **S** wird wiederum mittels Photolithographie mit einer nicht dargestellten Lackhaftmaske versehen, welche zu der vorhandenen Struktur in der Isolationsschicht **3** eine definierte Lage aufweist. Die durch reaktives Ionenätzen mit Hilfe der Maske in der elektrisch leitfähigen Schicht **S** entstehende Struktur bildet eine erste Struktur **4a**, die mit der Oberfläche des späteren Funktionselements **2.1** verbunden ist, eine zweite Struktur **4b**, die um den später das Funktionselement **2.1** umgebenden ersten seitlichen Isolationsspalt **5** führt und eine Leitbahnstruktur **4c** für eine spätere Kontaktierung. Die erste Struktur **4a** der elektrisch leitfähigen Schicht **S** ist dabei in Form von Kontaktfingern **4a** ausgebildet, die jeweils eine Strukturbreite von z. B. 800 nm aufweisen und von der Länge her zum Teil auf der nicht mit einer Isolationsschicht versehenen Oberfläche **a** des Bereiches des Substrats **1** liegen, der später das Funktionselement bildet, wie in Fig. 2 dargestellt. Auch hier schließt sich eine übliche Plasmalackentfernung an.

[0041] Im nachfolgenden Schritt gemäß Fig. 3, wird mittels Photolithographie eine weitere Lackhaftmaske **6** aufgebracht, welche, gemeinsam mit der maskierend wirkenden elektrisch leitfähigen Schicht **S**, die Form sämtlicher in das Substrat **1** hinein zu ätzenden Strukturen definiert. Dazu gehört bei Ausbildung der Mikrostruktur gem. Fig. 7 beispielsweise auch das Federteil **7**, das Masseteil **8** und auch

der Befestigungsanker **2.2**. Die Lage dieser Lackhaftmaske **6** ist auf die Lage der ersten Struktur **4a** (hier als Kontaktfinger **4a**) der elektrisch leitfähigen Schicht **S** so auszurichten, daß deren Enden möglichst alle gleichermaßen mit etwa 2 μm Länge mit Photolack bedeckt sind.

[0042] Das sich nun anschließende Silizium-Ätzen in eine Tiefe von ca. 20 μm ist in Fig. 4 dargestellt und wird aus Selektivitätsgründen vorzugsweise mit Hilfe eines fluor-basierten alternierenden Ätz- und Beschichtungsprozesses durchgeführt. Dieser an sich bekannte Ätzprozeß ermöglicht ein nahezu senkrechtes Ätzprofil. Es werden im wesentlichen die späteren ersten seitlichen Isolationsspalte **5** (s. Fig. 5) und eine Perforation **P** im Funktionselement erzeugt. Dabei bleibt jedoch unter den Kontaktfingern **4a** Siliziumsubstrat stehen, welches mit einem nachfolgenden isotropen Ätzen (Fig. 5) definiert entfernt wird, so daß nun die seitlichen Isolationsspalte **5** vollständig ausgebildet sind. Wie bereits erläutert, führt dieser isotrope Abtrag von mindestens 0,4 μm pro Strukturkante in diesem Ausführungsbeispiel auch zur Verringerung der Breite aller Mikrostrukturen.

[0043] Um definierte Endmaße für die Mikrostrukturen zu erhalten, muß demzufolge dieser nachträgliche Abtrag bereits beim Entwurf berücksichtigt werden.

[0044] In einem speziellen Ausführungsbeispiel kann das isotrope und anisotrope Ätzen in einem Schritt ausgeführt werden. So ist bekannt, daß beim Silizium-Ätzen auf Fluor-Basis gleichzeitig auch ein definierter lateraler Abtrag einstellbar ist. In einem besonders günstigen Ausführungsbeispiel ist dieser laterale Abtrag unter den nicht mit Photolack maskierten Bereichen, wie eben unter den Kontaktfingern **4a**, besonders hoch. Dann kann die Berücksichtigung des lateralen Abtrags beim Entwurf verringert werden oder ganz entfallen. Auch hier wird der Photolack nach den Ätzprozessen wieder entfernt.

[0045] Es erfolgt nun die bekannte Freilegung des Funktionselements durch die Abscheidung einer nicht dargestellten als Passivierung wirkenden 750 nm dicken SiO_2 -Schicht mit einem Plasma-CVD-Verfahren, einem anisotropen SiO_2 -Ätzen zum Öffnen der SiO_2 -Schicht am Boden der ersten seitlichen Isolationsspalte **5** und der Perforierung **P** und einem isotropen Ätzen von Silizium auf der Basis eines fluor-basierten Ätzprozesses. Dabei ist zu beachten, daß bei dem hier beschriebenen Ausführungsbeispiel von einem hohen Aspektverhältnis der Öffnungen ausgegangen wird. D. h. die Ätztiefe ist ca. 10 mal größer als die Breite der Öffnungen. Dies hat den Vorteil, daß die SiO_2 -Schicht am Boden der ersten Isolationsspalte **5** und der Perforation **P** nur ca. ein halb mal so dick ist wie an der Strukturoberfläche **a**. Dadurch wird erreicht, daß die SiO_2 -Schicht nach dem anisotropen SiO_2 -Ätzen zum Entfernen der SiO_2 -Schicht am Boden des ersten seitlichen Isolationsspalt **5** und der Perforation **P** geöffnet ist, während die Oberfläche **a** der Strukturen noch von einem Rest der Passivierungsschicht **6** bedeckt bleibt. Nach dem Freilegen und somit nach dem Erzeugen des zweiten Isolationsspalt **5a** (s. Fig. 6) unter der Grundfläche **c** des Funktionselements (**2.1**) wird das Restoxid zumindest von der Oberfläche der Mikrostruktur durch einen maskenlosen Ätzprozeß entfernt.

[0046] Den Teilschnitt der erzeugten Mikrostruktur mit einem über die Kontaktfinger **4a** am Substrat **1** fixierten Funktionselement **2.1** zeigt Fig. 6. Das Funktionselement **2.1** weist zwischen seinen Seitenflächen **b** und dem Substrat **1** einen umlaufenden ersten seitlichen Isolationsspalt **5** und zwischen seinem Boden **c** und dem Substrat **1** einen zweiten Isolationsspalt **5a** auf und ist somit vollständig vom Substrat **1** getrennt. Im Funktionselement **2.1** befindet sich weiterhin eine Perforation **P**, die zum Unterätzen erforderlich war. Die Kontaktfinger **4a** der elektrisch leitfähigen Schicht **S** sind

mit der Oberseite **1a** des Funktionselements **2.1** verbunden, überbrücken den ersten seitlichen Isolationsspalt **5** und münden in die zweite Struktur **4b** der elektrisch leitfähigen Schicht **S**, die auf der Isolationsschicht **3** angeordnet ist und den ersten seitlichen Isolationsspalt **5** umgibt. An die zweite Struktur **4b** der elektrisch leitfähigen Schicht **S** schließt sich eine Leitbahnstruktur **4c** an, die zur Kontaktierung dient. An dem Funktionselement **2.1** kann direkt eine Elektrode ausgebildet sein.

[0047] Die erfindungsgemäße Mikrostruktur zeigt überraschenderweise eine sehr hohe mechanische Stabilität sowie auch die erwartete hohe Planarität einschließlich sehr vorteilhafter elektrischer Eigenschaften. Für die erfindungsgemäßen Mikrostrukturen wurden Isolationswiderstände von über 109 Ohm gemessen und die nachweisbare parasitäre Kapazität zum Substrat von ca. 5 pF war im wesentlichen auf die Kapazität zwischen den Bondflächen und dem Silizium-Substrat zurückzuführen.

[0048] Fig. 7 zeigt die dreidimensionale Ansicht und Fig. 8 den entsprechenden Längsschnitt A-A einer Mikrostruktur mit einem Funktionselement **2.1** in Form eines Befestigungsankers **2.2** und einem daran über ein Federteil **7** befestigten Masseteil **8**.

[0049] Im Substrat **1** wurden der Befestigungsanker **2.2**, das Federteil **7** und das Masseteil **8** herausgelöst, so daß diese allseitig zum Substrat **1** beabstandet sind. Zwischen Substrat **1** und den Seitenwänden **b** von Befestigungsanker **2.2**, Federteil **7** und Masseteil **8** ist ein erster umlaufender seitlicher Isolationsspalt **5** und zwischen Substrat **1** und den Grundflächen **c** von Befestigungsanker **2.2**, Federteil **7** und Masseteil **8** ein zweiter Isolationsspalt **5a** angeordnet. Auf der Oberfläche **a** des Substrats **1** befindet sich eine Isolationsschicht **3** und auf dieser wiederum eine strukturierte elektrisch leitfähige Schicht **S**. Die erste Struktur der elektrisch leitfähigen Schicht **S** ist in Form von Kontaktfingern **4a** ausgebildet und mit der Oberseite **a1** des aus Substratmaterial bestehenden Befestigungsankers **2.2** verbunden, so daß dieser Befestigungsanker **2.2** sicher lagefixiert ist. Die Kontaktfinger **4a** reichen über den Isolationsspalt **5** zu einer zweiten Struktur **4b** der elektrisch leitfähigen Schicht **S**, die den Befestigungsanker **2.2** umgibt. Die elektrisch leitfähige Schicht **S** verfügt weiterhin über eine Leitbahnstruktur **4c** zur Kontaktierung. Zur Gewährleistung des ganzflächigen Unterätzens zur Bildung des zweiten Isolationsspaltes **5a** verfügen Befestigungsanker **2.1** und Masseteil **8** über eine Perforation **P**.

[0050] Es besteht je nach Anwendungsfall, wie vor genannt bereits beschrieben, auch die Möglichkeit, anstelle einer über ein Federteil **7** beweglichen Elektrode in Form des Masseteils **8**, die Elektrode starr und direkt am Funktionselement **2.1** anzuordnen.

[0051] Gleichfalls kann das Federteil **7** auch das Masseteil **8** bilden.

[0052] Entsprechend nicht dargestellter Ausführungsbeispiele können am Befestigungsanker **2.2** auch mehrere gleichartig oder unterschiedlich ausgebildete Masseteile **8** über Federteile **7** angeordnet sein.

Patentsprüche

1. Mikrostruktur, in einem vorzugsweise elektrisch leitfähigen Substrat (**1**), insbesondere aus einkristallinem dotiertem Silizium, mit wenigstens einem Funktionselement (**2.1**, **2.2**), **dadurch gekennzeichnet**, daß das Funktionselement (**2.1**, **2.2**) allseitig vom Substrat (**1**) durch Isolationsspalte (**5**, **5a**) mechanisch und elektrisch getrennt und an wenigstens einer Position mit einer ersten Struktur (**4a**) einer elektrisch leitfähigen und

von dem Substrat (**1**) elektrisch isolierten Schicht (**S**) verbunden und durch diese, bezogen auf das Substrat (**1**), lagefixiert ist.

2. Mikrostruktur nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß am Funktionselement (**2.1**, **2.2**) wenigstens eine Elektrode ausgebildet ist.

3. Mikrostruktur nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß das Funktionselement (**2.1**) als Befestigungsanker (**2.2**) ausgebildet ist, mit welchem über mindestens ein Federteil (**7**) wenigstens ein Masseteil (**8**) verbunden ist, wobei das Federteil (**7**) und das Masseteil (**8**) allseitig durch Isolationsspalte (**5**, **5a**) mechanisch und elektrisch von dem Substrat (**1**) getrennt sind.

4. Mikrostruktur nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen dem Substrat (**1**) und den Seitenflächen (**b**) des Funktionselements (**2.1**, **2.2**) ein erster seitlicher Isolationsspalt (**5**) und zwischen dem Substrat (**1**) und der Grundfläche (**c**) des Funktionselements (**2.1**, **2.2**) ein zweiter Isolationsspalt (**5a**) vorhanden ist.

5. Mikrostruktur nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen Substrat (**1**) und den Seitenwänden (**b**) von Befestigungsanker (**2.2**), Federteil (**7**) und Masseteil (**8**) erste seitliche Isolationsspalte (**5**) und zwischen dem Substrat (**1**) und den Grundflächen (**c**) von Befestigungsanker (**2.2**), Federteil (**7**) und Masseteil (**8**) ein zweiter Isolationsspalt (**5a**) vorhanden sind.

6. Mikrostruktur nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Isolationsspalte (**5**) und (**5a**) um das Funktionselement (**2.1**) und/oder um Befestigungsanker (**2.2**), Federteil (**7**) und Masseteil (**8**) ineinander übergehen.

7. Mikrostruktur nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Isolationsspalte (**5**) und (**5a**) gasgefüllt oder evakuiert sind.

8. Mikrostruktur nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die mit dem Funktionselement (**2.1**) bzw. dem Befestigungsanker (**2.2**) verbundene und diese lagefixierende erste Struktur (**4a**) der elektrisch leitfähigen Schicht (**S**) den ersten seitlichen Isolationsspalt (**5**), der das Funktionselement (**2.1**) bzw. den Befestigungsanker (**2.2**) umgibt, wenigstens an einer Position überragt und auf eine, auf der Oberfläche (**a**) des Substrats (**1**) aufgebrachte, Isolationsschicht (**3**) führt.

9. Mikrostruktur nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß die erste Struktur (**4a**) der elektrisch leitfähigen Schicht (**S**) an der Oberseite (**a1**) des Funktionselements (**2.1**) bzw. des Befestigungsankers (**2.2**) befestigt ist.

10. Mikrostruktur nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß die erste Struktur (**4a**) der elektrisch leitfähigen Schicht (**S**) mit einer auf der Isolationsschicht (**3**) befindlichen zweiten Struktur (**4b**) der elektrisch leitfähigen Schicht (**S**) verbunden ist.

11. Mikrostruktur nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß die zweite Struktur (**4b**) der elektrisch leitfähigen Schicht (**S**) an den um das Funktionselement (**2.1**, **2.2**) herumführenden ersten seitlichen Isolationsspalt (**5**) angrenzt und diesen vollständig oder teilweise umgibt und bedarfsweise in eine Leitbahnstruktur (**4c**) der elektrisch leitfähigen Schicht (**S**) mündet.

12. Mikrostruktur nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß als elek-

trisch leitfähige Schicht (S), eine Metallschicht verwendet wird.

13. Mikrostruktur nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß als elektrisch leitfähige Schicht (S), dotiertes polykristallines Silizium verwendet wird.

14. Mikrostruktur nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß die erste Struktur (4a) der elektrisch leitfähigen Schicht (S) eine Perforation aufweist und/oder in Form einer Vielzahl von sehr schmalen Bahnen oder Kontaktfingern (4a) ausgebildet ist.

15. Mikrostruktur nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß die Kontaktfinger (4a) eine Breite unter 1 µm aufweisen.

16. Mikrostruktur nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 15, dadurch gekennzeichnet, daß die elektrisch leitfähige Schicht (S) mit peripheren Anschlüssen elektrisch kontaktiert ist.

17. Mikrostruktur nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 16, dadurch gekennzeichnet, daß die Isolationsschicht (3) aus einem Oxid, Nitrid oder einer Oxinitridschicht besteht.

18. Mikrostruktur nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 17, dadurch gekennzeichnet, daß als Substrat (1) Silizium mit einem spezifischen elektrischen Widerstand von weniger als 0,1 Ωcm verwendet wird.

19. Mikrostruktur nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 18, dadurch gekennzeichnet, daß die ersten seitlichen Isolationsspalte (5) zwischen dem vom Substrat (1) isolierten Funktionselement (2.1, 2.2) und dem von der Isolationsschicht (3) isolierten Substrat (1) durch einen Schichtstapel bestehend aus zumindest einer elektrisch leitfähigen Schicht und zumindest einer Isolationsschicht überbrückt werden.

20. Mikrostruktur nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 19, dadurch gekennzeichnet, daß das Federteil (7) gleichzeitig die Funktion des Masseteils (8) wahrnimmt.

21. Verfahren zur Herstellung einer Mikrostruktur, in einem vorzugsweise elektrisch leitfähigen Substrat (1), insbesondere aus einkristallinem dotiertem Silizium, mit (2.1) oder Befestigungsanker (2.2), und/oder Federteil (7) und/oder Masseteil (8) vom Substrat (1), mit Ausnahme der mechanischen Fixierung des Funktionselements (2.1) oder des Befestigungsankers (2.2) durch die erste Struktur (4a) der elektrisch leitfähigen Schicht (S), folgende Prozesse ausgeführt werden:

- Ätzen von Vertiefungen in das Substrat (1), zur Bildung der ersten seitlichen Isolationsspalte (5), mit einer fotolithografisch hergestellten Maske gleichzeitig zu der durch die Maskierungswirkung der strukturierten Oberflächenschichten entstandenen Maske,

- Aufbringen einer Passivierungsschicht an vertikalen und horizontalen Flächen der ersten seitlichen Isolationsspalte (5),

- Ätzen der Passivierungsschicht zum Zwecke deren Entfernung zumindest am Boden der ersten seitlichen Isolationsspalte (5), Unterätzen des Substratmaterials unter den an den Seitenflächen (b) sowie der Oberfläche (a) geschützten Bereichen des zu erzeugenden Funktionselements (2.1) bzw. Befestigungsankers (2.2) und bedarfsweise des Federteils (7) und/oder des Masseteils (8) zur Erzeugung des zweiten Isolationsspaltes (5a) zwischen Substrat (1) und Grundfläche (c) von Funktionselement (2.1) oder Befestigungsanker (2.2)

und/oder Federteil (7) und/oder Masseteil (8).

wenigstens einem Funktionselement (2.1, 2.2), dadurch gekennzeichnet, daß das Funktionselement (2.1, 2.2) aus dem Substrat (1) herausgelöst wird, so daß zum Substrat (1) allseitig Isolationsspalte (5, 5a) vorhanden sind, und daß eine elektrisch leitfähige Schicht (S) derart aufgebracht wird, daß sie mit dem Funktionselement (2.1, 2.2) verbunden ist und dieses sicher lagefixiert.

22. Verfahren nach Anspruch 21, dadurch gekennzeichnet, daß folgende Verfahrensschritte durchgeführt werden: Erzeugen einer Isolationsschicht (3) auf der Oberfläche (a) des Substrats (1) mit Öffnungen durch Strukturieren in den Bereichen, welche das Funktionselement (2.1, 2.2) und die späteren umlaufenden ersten seitlichen Isolationsspalte (5) zwischen dem Substrat (1) und dem Funktionselement (2.1, 2.2) definieren,

- Aufbringen der elektrisch leitfähigen Schicht (S) auf der Isolationsschicht (3) und auf dem nicht mit einer Isolationsschicht (3) versehenen Bereich, welcher das Funktionselement (2.1, 2.2) bilden wird und gleichzeitig oder anschließend,

- Strukturieren der elektrisch leitfähigen Schicht (S) derart, daß an mindestens einer Position eine Verbindung einer ersten Struktur (4a) der elektrisch leitfähigen Schicht (S) zu dem zu erzeugenden Funktionselement (2.1, 2.2) bestehen bleibt, die über den späteren ersten seitlichen Isolationsspalt (5) zwischen Substrat (1) und Funktionselement (2.1, 2.2) reicht und Ausbildung einer mit der ersten Struktur (4a) in Verbindung stehenden zweiten Struktur (4b) der elektrisch leitfähigen Schicht (S), sowie bedarfsweise einer Leitbahnstruktur (4c) der elektrisch leitfähigen Schicht (S) auf dem mit der Isolationsschicht (3) versehenen Substrat (1),

- vollständiges elektrisches und mechanisches Trennen des Funktionselements (2.1, 2.2) vom Substrat (1) durch eine Folge von Ätzprozessen in Verbindung mit mindestens einem Passivierungsschritt, so daß die Isolationsspalte (5, 5a) gebildet werden, wobei die durch die erste Struktur (4a) der elektrisch leitfähigen Schicht (S) erzeugte Verbindung mit dem Funktionselement (2.1, 2.2) an mindestens einer Position brückenartig bestehen bleibt, so daß das Funktionselement (2.1, 2.2) durch diese sicher lagefixiert ist.

23. Verfahren nach Anspruch 21 oder 22, dadurch gekennzeichnet, daß bei Ausbildung des Funktionselements (2.1) als Befestigungsanker (2.2) ein an diesem ausgebildetes Federteil (7) sowie ein Masseteil (8) gleichzeitig mit Herauslösen des Befestigungsankers (2.2) von dem Substrat (1) vollständig elektrisch und mechanisch getrennt werden.

24. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 21 bis 23, dadurch gekennzeichnet, daß zum vollständigen elektrischen und mechanischen Trennen von Funktionselement.

25. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 21 bis 24, dadurch gekennzeichnet, daß die Isolationsschicht (3) durch thermische Oxidation von Silizium oder durch chemische Dampfphasenabscheidung hergestellt wird.

26. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 21 bis 25, dadurch gekennzeichnet, daß das Ätzen der Vertiefungen in das Substrat (1) bevorzugt senkrecht zur Substratoberfläche, zur Erzeugung des ersten seitlichen Isolationsspaltes (5), mittels reaktiver Ionen-

ätzprozesse erfolgt.

27. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 21 bis 26, dadurch gekennzeichnet, daß gleichzeitig oder im Anschluß zum senkrechten Ätzen, bezogen auf die Oberfläche (a) des Substrats (1), mittels reaktiver Ionenätzprozesse in das Substrat (1) ein definiertes isotropes Ätzen des Substratmaterials, zur vollständigen elektrischen Isolation des Substrates (1) von der elektrisch leitfähigen Schicht (S), erfolgt.

28. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 21 bis 27, dadurch gekennzeichnet, daß fluor- und kohlenstoffhaltige Gase zum Ätzen der ersten seitlichen Isolationsspalte (5) in das Substrat (1) eingesetzt werden.

29. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 21 bis 28, dadurch gekennzeichnet, daß chlorhaltige oder fluorhaltige Gase zum Ätzen der Isolationsspalte (5, 5a) in das Substrat (1) eingesetzt werden.

30. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 21 bis 29, dadurch gekennzeichnet, daß Trockenätzprozesse und/oder naßchemische Ätzlösungen zum definierten isotropen Ätzen eingesetzt werden.

31. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 21 bis 30, dadurch gekennzeichnet, daß nach dem Unterätzen des Substratmaterials die Passivierungsschicht vollständig von der Oberfläche der elektrisch leitfähigen Schicht (S) entfernt wird.

32. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 21 bis 31, dadurch gekennzeichnet, daß die Passivierungsschicht aus einem organischen Material besteht, welches nach dem isotropen Ätzen vollständig von der Oberfläche der elektrisch leitfähigen Schicht mittels Trockenätzprozess entfernt wird.

33. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 21 bis 32, dadurch gekennzeichnet, daß die Passivierungsschicht aus einem Plasmapolymer besteht.

34. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 21 bis 33, dadurch gekennzeichnet, daß die elektrisch leitfähige Schicht (S) nachträglich durch periphere Anschlüsse elektrisch kontaktiert wird.

35. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 21 bis 34, dadurch gekennzeichnet, daß die elektrisch leitfähige Schicht (S) durch periphere Anschlüsse, welche bereits im umgebenden Substrat (1) vorhanden sind, elektrisch kontaktiert wird.

36. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 21 bis 35, dadurch gekennzeichnet, daß nach dem Aufbringen der elektrisch leitfähigen Schicht (S) und dem Strukturieren dieser Schicht eine zusätzliche zweite Passivierungsschicht aufgebracht wird, welche nachfolgend, unmittelbar vor dem Ätzen von Vertiefungen in das Substrat (1) mit gleicher Maske wie für das Ätzen der ersten seitlichen Isolationsspalte (5) in das Substrat (1), strukturiert wird.

37. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 21 bis 36, dadurch gekennzeichnet, daß die zusätzliche zweite Passivierungsschicht gemeinsam mit der Passivierungsschicht zumindest von der Oberfläche der elektrisch leitfähigen Schicht (S) entfernt wird.

Hierzu 5 Seite(n) Zeichnungen

60

65

- Leerseite -

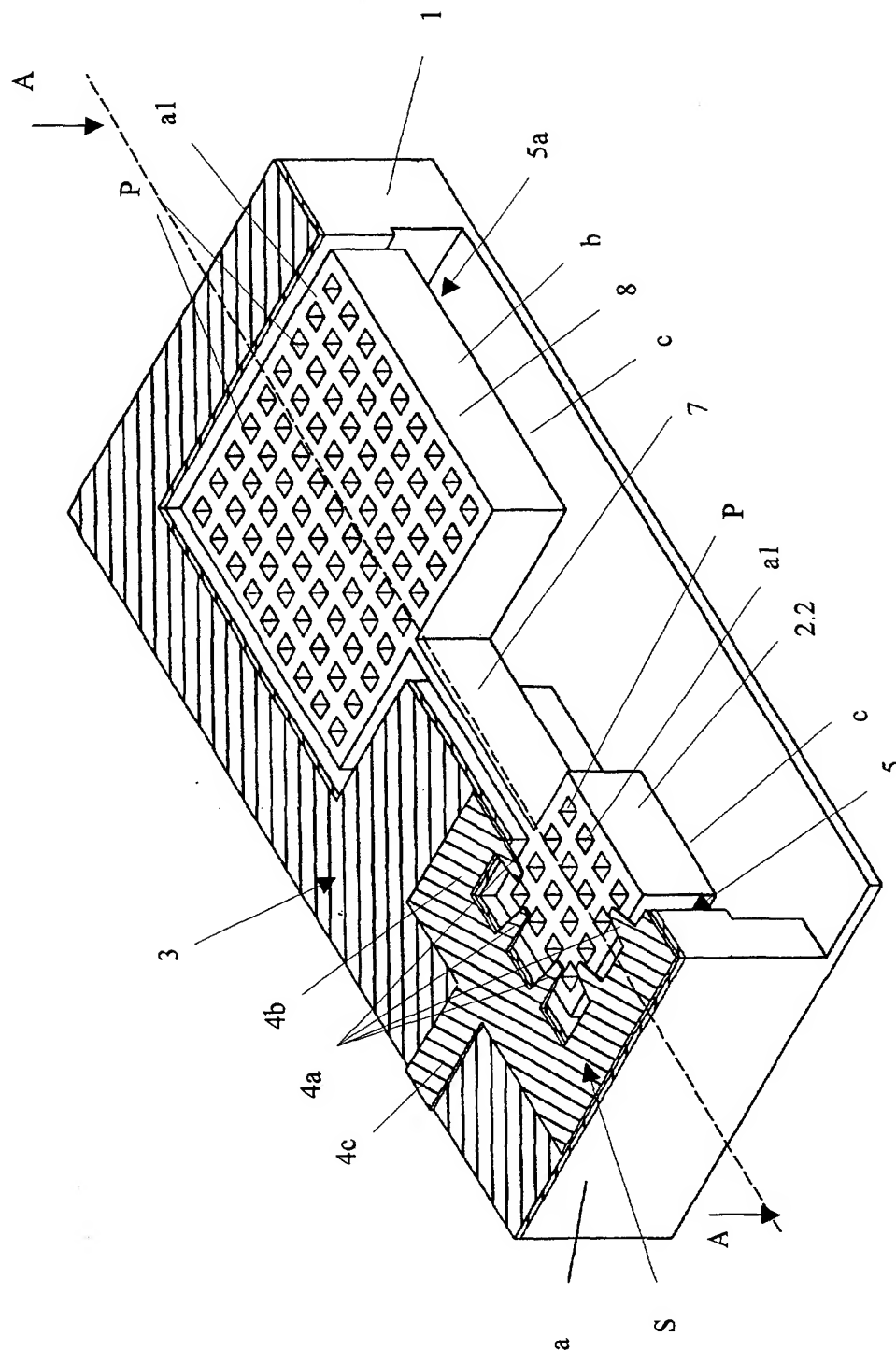


Fig. 7

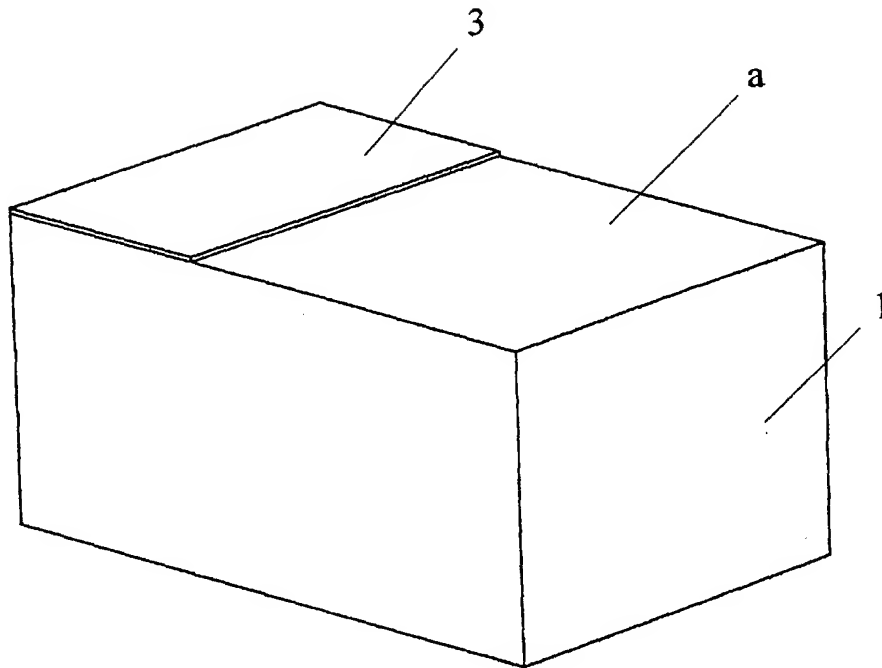


Fig. 1

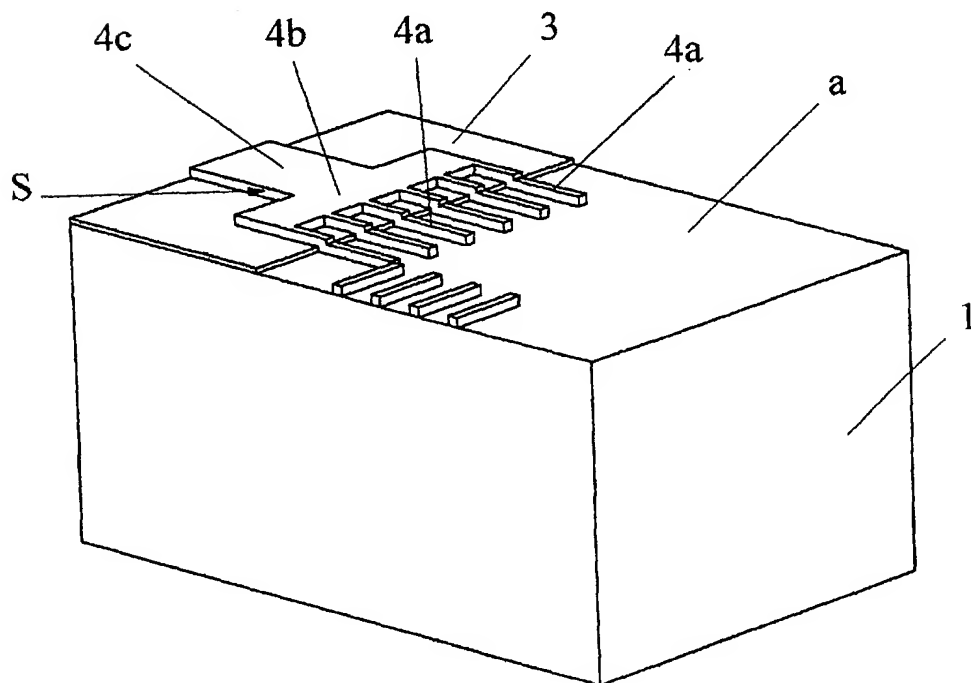


Fig. 2

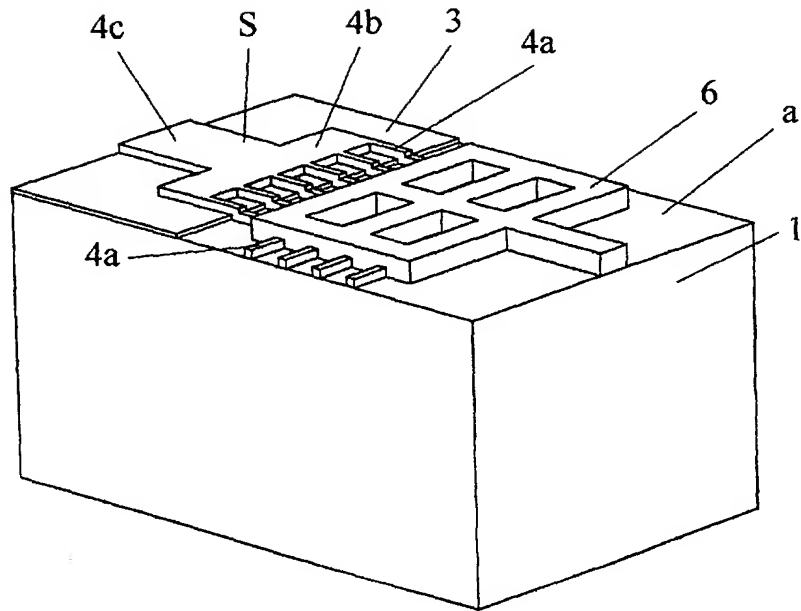


Fig. 3

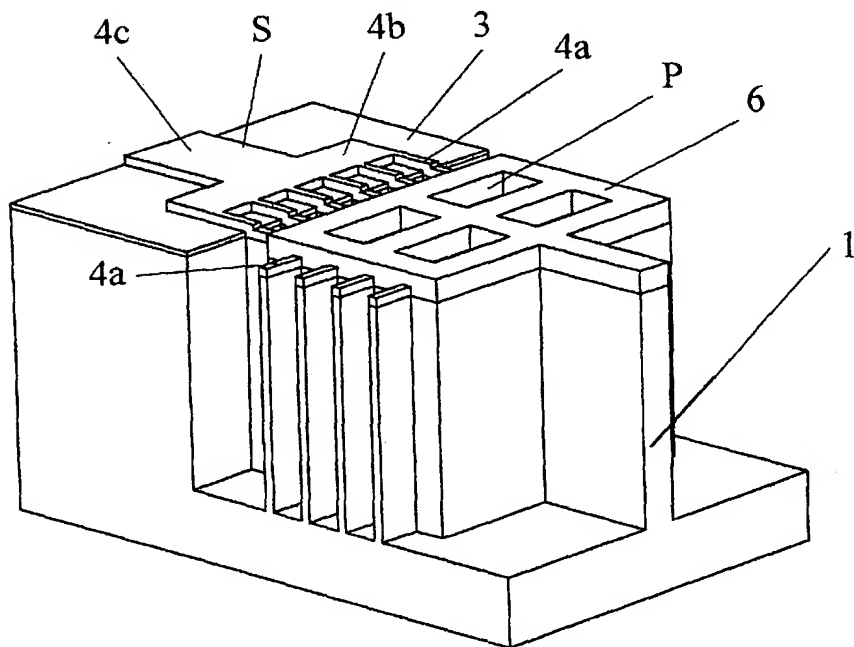


Fig.. 4

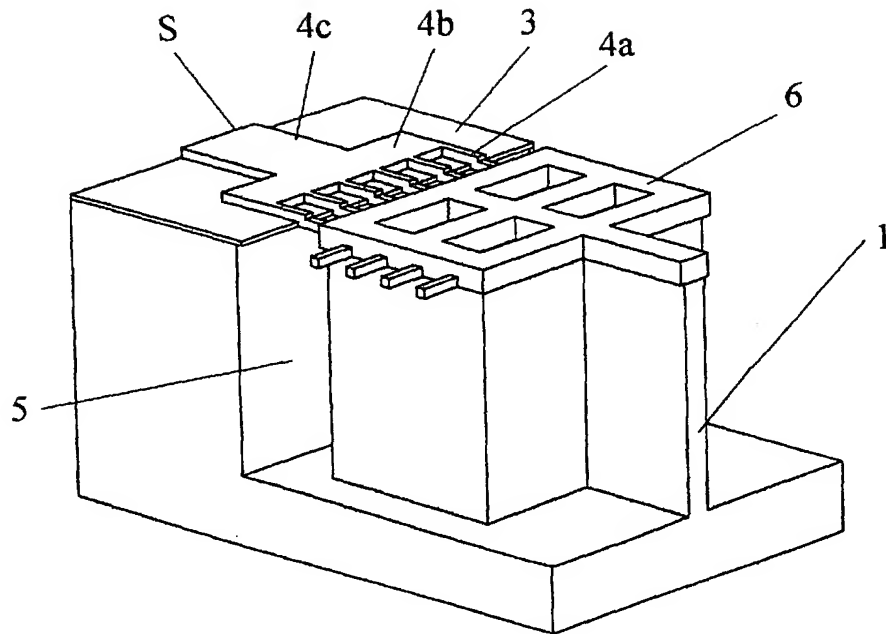


Fig. 5

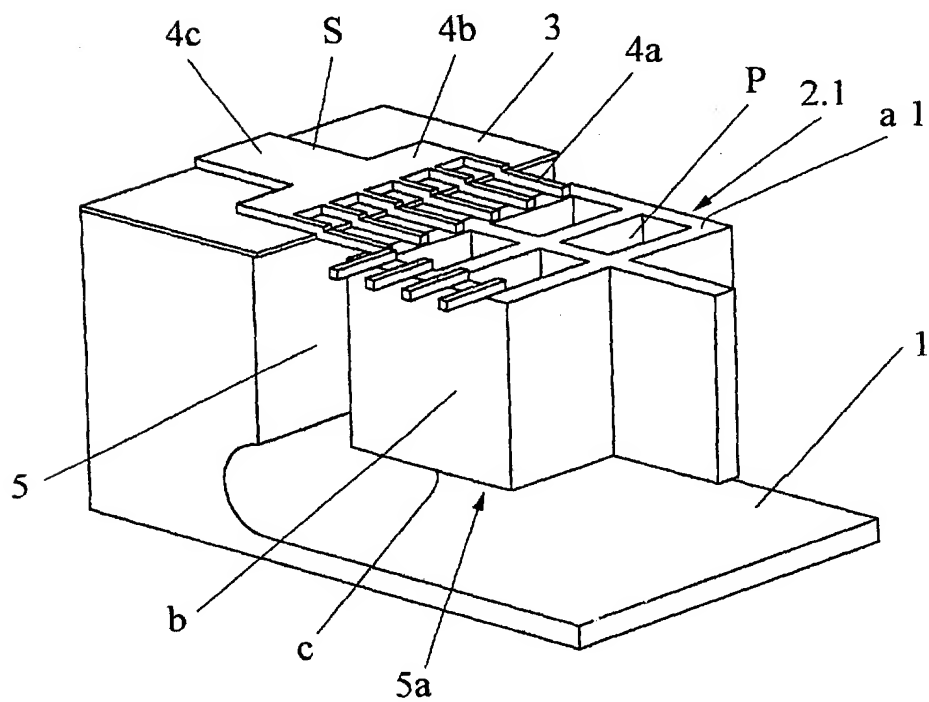


Fig. 6

Schnitt A-A

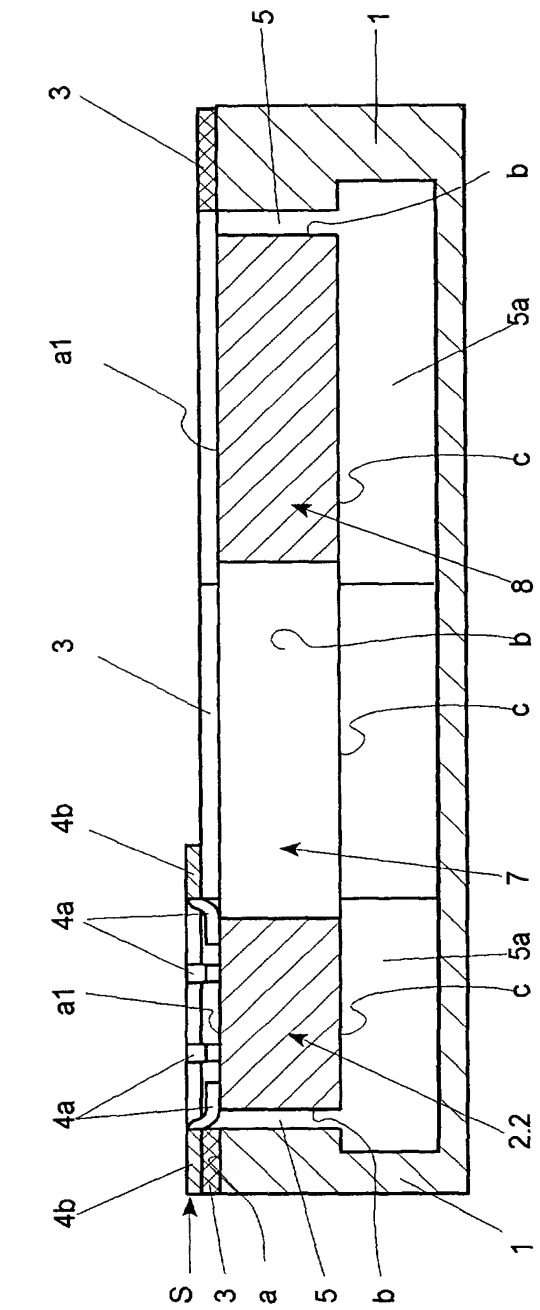


Fig. 8